

A4



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Off nlegungsschrift
10 DE 198 09 076 A 1

51 Int. Cl.⁶:
G 01 R 33/07
G 01 R 33/58
A 61 N 2/00

21 Aktenzeichen: 198 09 076.5
22 Anmeldetag: 4. 3. 98
43 Offenlegungstag: 9. 9. 99

DE 198 09 076 A 1

71 Anmelder:
Haase, Axel, Prof. Dr., 97222 Rimpar, DE

74 Vertreter:
Pöhner, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 97070
Würzburg

72 Erfinder:
Haase, Axel, Prof. Dr., 97222 Rimpar, DE; Odoj,
Florian, 97261 Güntersleben, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

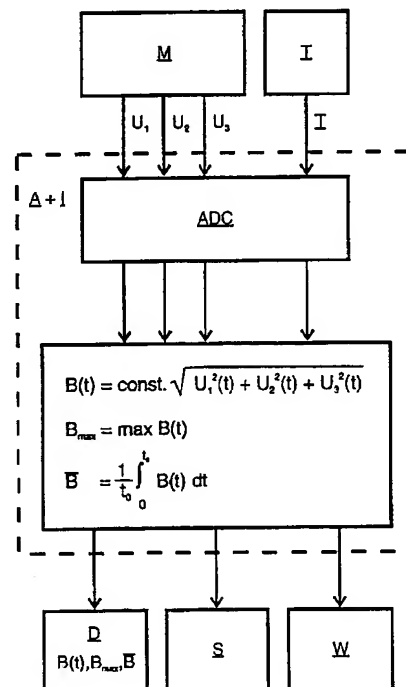
WO 93 25 274 A1
WO 93 23 761 A1

FUJITA, T.Y.: Portable magnetic field dosimeter
with a acquisition capabilities. In: Rev. Sci.
Instrum. 53 (3), Mar. 1982, S.326-331;
ANDRONOV, O.I., et.al.: A Three-Coordinate Hall
Magnetometer. In: Instruments and Experimental
Techniques, Vol.40, No.3, 1997, S.350-354;
JP Patents Abstracts of Japan:
63-158477 A., P-784, Nov. 11, 1988, Vol.12, No.427;
07191119 A;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Gerät zur Messung magnetischer Felder

57 Tragbares Gerät zur Messung der magnetischen Felder, denen sein Träger während eines Meßzeitraumes ausgesetzt ist, mit einem Magnetfeldsensor, wobei der Magnetfeldsensor das statische Magnetfeld erfaßt und aus drei Hall-Sonden ausgebaut ist, die unter derartigen Winkeln zueinander angeordnet sind, daß jede von ihnen das Magnetfeld in einer anderen von drei linear unabhängigen Raumrichtungen erfaßt, eine Auswertevorrichtung, die Meßsignale der drei Hall-Sonden in eine den momentanen Meßwert für den Betrag des statischen Magnetfeldes repräsentierende Größe umwandelt und ein Integrator diese Größe über den Meßzeitraum zu einem zeitlich integrierten Meßwert aufintegriert.



DE 198 09 076 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein tragbares Gerät zu Messung der magnetischen Felder, denen sein Träger während eines Meßzeitraumes ausgesetzt ist, mit einem Magnetfeldsensor.

Heutzutage ist das Personal von Laboratorien, in denen mit Magnetfeldern hoher Feldstärke gearbeitet wird, und das Bedienungspersonal von NMR-Tomographen, die zur Bildgebung im Rahmen der medizinischen Diagnostik eingesetzt werden, zunehmend großen statischen Magnetfeldern ausgesetzt. Die biophysikalischen Wirkungen dieser Magnetfelder auf den menschlichen Organismus sind noch weitgehend unerforscht. Zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken bei dem aus beruflichen Gründen hohen statischen Magnetfeldern ausgesetzten Personenkreis hat die Strahlenschutzkommission dennoch Empfehlungen über Richt- und Grenzwerte sowohl für den Spitzenwert wie auch für den über eine bestimmte Zeitspanne, beispielsweise einen Tag, integrierten Wert der Feldstärke des statischen Magnetfeldes ausgesprochen, dem eine Person im Höchstfall ausgesetzt werden sollte.

Grundsätzlich sind unterschiedliche Verfahren zur Messung magnetischer Felder bekannt. Die Hall-Sonde nutzt beispielsweise dem Hall-Effekt aus, bei dem die an einem stromdurchflossenen Plättchen senkrecht zur Richtung des Stromes und der Magnetfeldlinien abfallende Hall-Spannung der magnetischen Feldstärke proportional ist. Das als Förster-Sonde bekannte Induktionsflußmagnetometer eignet sich besonders zur Messung niedriger Feldstärken. Magnetische Resonanzverfahren nutzen die Tatsache aus, daß die Entartung der Energieniveaus von Elektronen- oder Kernspins durch äußere Magnetfelder aufgehoben wird, woraus eine Resonanzfrequenz resultiert, die der jeweiligen Feldstärke proportional ist. Schließlich ist auch der Zeeman-Effekt, also die Aufspaltung von Spektrallinien im Magnetfeld zur Messung der Feldstärke prinzipiell geeignet.

Ein grundsätzliches Problem bei der Überwachung der magnetischen Feldstärke, denen ein Mensch in einem Laboratorium ausgesetzt ist, besteht darin, daß die Magnetfelder dort in der Regel durch stromdurchflossene Spulen erzeugt werden, bei denen die Feldstärke im Außenraum der Spule mit der dritten Potenz des Abstandes von der Spule weg abfällt, daher kann die Stärke dieser Magnetfelder innerhalb eines Laboratoriums um mehrere Größenordnungen variieren. Andererseits fallen für die zeitintegrierte Belastung eines Menschen durch ein statisches Magnetfeld kurzzeitige Aufenthalte in einem Bereich hoher Feldstärke nahe am Magneten ähnlich stark ins Gewicht wie lange andauernde Aufenthalte in entfernteren Bereichen, in denen die durch die Magnetspule verursachte Feldstärke deutlich niedriger ist und beispielsweise in der Größenordnung des Erdmagnetfeldes liegt. Insgesamt resultiert also ein Feldstärkebereich von einem Faktor 10^4 , der von einer zuverlässigen Magnetfeldüberwachung abgedeckt werden muß.

Vom Stand der Technik her sind Magnetfeldmeßgeräte bekannt, die für einen mobilen Einsatz geeignet sind und den Momentanwert eines Magnetfeldes zu einem bestimmten Zeitpunkt zuverlässig bestimmen. Diese Geräte sind aber nicht dazu in der Lage, durch eine zeitliche Integration der Meßwerte einen integralen Wert oder auch einen auf einen Meßzeitraum bezogenen Mittelwert des Magnetfeldes zu erfassen, der für die Beurteilung der Belastung eines Menschen durch ein Magnetfeld wesentlich ist. Die Patentschrift US 5 532 681 beschreibt ein tragbares Gerät zur Überwachung der magnetischen Wechselfelder im Frequenzbereich von 4 Hz bis 50 kHz, denen sein Träger ausgesetzt ist, und das bei Überschreitung eines einstellbaren Schwellwertes der magnetischen Feldstärke ein Alarmsi-

gnal abgibt. Als Magnetfeldsensor dienen drei orthogonal zueinander angeordnete Spulen, die magnetische Wechselfelder induktiv nachweisen. Dieses Gerät eignet sich aber weder zum Nachweis von statischen magnetischen Feldern, noch ist es in der Lage, die gemessenen Magnetfelder über einen endlichen Meßzeitraum auf zu integrieren und so die kumulative Magnetfeldbelastung seines Trägers zu erfassen.

Dagegen sind Dosimeter zur Erfassung der Strahlendosis bekannt, die von Personen, die mit ionisierender Strahlung umgehen oder ihr besonders ausgesetzt sind, beispielsweise dem Personal kerntechnischer Anlagen, getragen werden und ihre Strahlenexposition erfassen. Für diese Dosimeter sind unterschiedliche Arbeitsprinzipien bekannt, wie beispielsweise die Entladung einer Kondensatorkammer oder die Schwärzung eines Films durch die ionisierende Strahlung, mit denen sich die Strahlenbelastung über einen begrenzten Zeitraum, beispielsweise einen Arbeitstag oder einen Monat, auf integrieren läßt.

Vor diesem Hintergrund hat sich die vorliegende Erfindung zur Aufgabe gesetzt, ein Dosimeter für statische Magnetfelder zu schaffen, das mobil und tragbar ist und es ermöglicht, sowohl die momentane Magnetfeldstärke, wie auch den über einen Meßzeitraum von beispielsweise einem Arbeitstag integrierten Feldstärkewert zu erfassen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Magnetfeldsensor das statische Magnetfeld erfaßt und aus drei Hall-Sonden aufgebaut ist, die unter derartigen Winkeln zueinander angeordnet sind, daß jede von ihnen das Magnetfeld in einer anderen von drei linear unabhängigen Raumrichtungen erfaßt, eine Auswertevorrichtung die Meßsignale der drei Hall-Sonden in eine den momentanen Meßwert für den Betrag des statischen Magnetfeldes repräsentierende Größe umwandelt und ein Integrator diese Größe über den Meßzeitraum zu einem zeitlich integrierten Meßwert auf integriert.

Ein Kernproblem bei der Schaffung eines tragbaren und mobilen Magnetfeldüberwachungsgerätes liegt in der sorgfältigen Auswahl eines geeigneten Magnetfeldmeßverfahrens, das eine akkurate Messung über einen Feldstärkebereich von vier Zehnerpotenzen zuläßt und sich gleichzeitig so platz- und gewichtssparend ausführen läßt, daß es seinen Träger nicht wesentlich behindert. Zur Erfüllung dieser Anforderungen sieht die Erfindung die Verwendung eines aus Hall-Sonden aufgebauten Magnetfeldsensors vor, die wenig Platz in Anspruch nehmen und mit denen sich der erforderliche Meßbereich realisieren läßt. Da das erfindungsgemäß Überwachungsgerät den Betrag des Magnetfeldes unabhängig von seiner Richtung und der räumlichen Ausrichtung des mit dem mobilen Gerät beweglichen Magnetfeldsensors zum Magnetfeld messen muß, sieht die Erfindung den Aufbau des Magnetfeldsensors aus drei Hall-Sonden vor, die zusammen alle drei räumlichen Komponenten des Magnetfeldes erfassen sollen, woraus sich sein Betrag leicht berechnen läßt. Dazu müssen die drei Hall-Sonden in derartigen Winkeln zueinander angeordnet werden, daß sie in drei unterschiedlichen Raumrichtungen liegende Komponenten des Magnetfeldes erfassen, wobei die drei Raumrichtungen nicht zu einer gemeinsamen Ebene parallel sein dürfen, sondern vielmehr voneinander linear unabhängig sein müssen. Bei Kenntnis der geometrischen Anordnung und der Eigenschaften der verwendeten Hall-Sonden läßt sich daraus dann der Betrag des Magnetfeldes am Ort des Magnetfeldsensors mit einer geeigneten Auswertevorrichtung, beispielsweise einem analogen oder digitalen Rechner, leicht bestimmen. Eine besonders einfache und daher von der Erfindung bevorzugte Konfiguration liegt dann vor, wenn jede der drei Hall-Sonden senkrecht zu den beiden anderen angeordnet ist, so daß sie die Komponenten des statischen Magnetfeldes

bezüglich dreier zueinander orthogonaler Raumrichtungen erfassen. Im Falle dreier gleichartiger Hall-Sonden ergibt sich dann der Betrag der Feldstärke des statischen Magnetfeldes B gemäß der Formel

$$B = \text{const} \cdot (U_1^2 + U_2^2 + U_3^2)^{1/2},$$

wobei U_1 , U_2 und U_3 die elektrischen Spannungssignale der drei Hall-Sonden bezeichnen und const eine von der Meßanordnung abhängige Konstante darstellt.

Zur Erfassung der Magnetfeldbelastung eines Menschen über längere Zeiträume wird der momentane Meßwert für den Betrag des statischen Magnetfeldes noch in einem Integrator über den Meßzeitraum aufintegriert und so ein zeitlich integrierter Meßwert bestimmt, der beispielsweise durch die Formel

$$\int_0^{t_0} B(t) dt$$

oder auch als auf den Meßzeitraum bezogener gemittelter Mittelwert

$$1/t_0 \int_0^{t_0} B(t) dt$$

gegeben sein kann, wobei t_0 den jeweiligen Meßzeitraum also beispielsweise die seit dem Einschalten des Gerätes verstrichene Zeit oder auch eine vorgegebene Meßzeit wie beispielsweise einen Arbeitstag bezeichnen kann.

Selbstverständlich läßt sich das erfindungsgemäße Gerät nicht nur zur Überwachung der Magnetfeldbelastung einer Person, die dieses Gerät mit sich herumträgt, einsetzen, sondern eignet sich ebenso gut dazu, die Magnetfeldbelastung eines festen Ortes bei Bedarf zu kontrollieren.

Die Stärke der das Meßsignal einer Hall-Sonde darstellenden Hall-Spannung wird u. a. auch von der Dichte der beweglichen Ladungsträger im eigentlichen Sensor beeinflusst, die je nach verwendeten Material von der Temperatur abhängen kann, wobei insbesondere bei Halbleitern sogar eine exponentielle Temperaturabhängigkeit möglich ist. Um auch solche Materialien im erfindungsgemäßen Magnetfeldüberwachungsgerät einsetzen zu können und eine temperaturunabhängige akkurate Auswertung der Meßsignale zu ermöglichen, wird in einer Fortbildung der Erfindung vorgeschlagen, das Gerät mit einem zusätzlichen Temperatursensor auszustatten, der die Temperatur des Magnetfeldsensors erfaßt, so daß diese bei der Auswertung berücksichtigt werden kann. Eine deutliche Steigerung der Meßgenauigkeit des erfindungsgemäßen Gerätes ist die vorteilhafte Folge.

Falls neben der Ganzkörper- auch noch die Teilkörperexposition einer Person überwacht werden soll, ist zusätzlich zu einer Magnetfeldmessung am Körper noch eine weitere an einer der Extremitäten der betreffenden Person erforderlich. Hierzu wird das Magnetfeldüberwachungsgerät in einer Fortbildung der Erfindung mit zumindest einem zusätzlichen, aus drei zueinander senkrecht stehenden Hall-Sonden gebildeten Magnetfeldsensor ausgestattet. Dieser wird zweckmäßigerweise über flexible, elektrisch leitende Kabel ausreichender Länge mit dem restlichen Gerät verbunden und mit geeigneten Befestigungsmitteln wie beispielsweise Riemen oder Klammern versehen, mit denen ein erwachsener Mensch, der das erfindungsgemäße Magnetfeldüberwachungsgerät am Körper trägt, den zusätzlichen Magnetfeldsensor an einem seiner Arme oder Beine, etwa im Bereich des Hand- oder Fußgelenkes, festlegen kann.

Die von der Auswertevorrichtung des erfindungsgemäßen Magnetfeldüberwachungsgerätes aus den Meßsignalen der drei Hall-Sonden bestimmte Größe, die den momentanen Betrag des statischen Magnetfeldes repräsentiert, kann insbesondere ein elektrisches Signal, also insbesondere eine elektrische Spannung oder auch ein elektrischer Strom sein, wobei letzteres ermöglicht, den Integrator mit einem Kondensator zu bilden, der mit diesem Strom aufgeladen wird. In diesem Fall ist der zeitlich integrierte Meßwert durch die auf dem Kondensator angesammelte Ladungsmenge und dadurch durch die am Kondensator abfallende Spannung gegeben.

Der Aufbau von Auswertevorrichtung und Integrator des erfindungsgemäßen Magnetfeldüberwachungsgerätes aus Analogbauteilen hat aber den grundsätzlichen Nachteil, daß das Meßergebnis durch äußere Einflüsse wie elektromagnetische Felder oder ionisierende Strahlung verfälscht werden kann. Daher wird das erfindungsgemäße Gerät in bevorzugter Ausbildung der Erfindung mit zumindest einem Analog-Digital-Wandler ausgestattet, der die Meßwerte digitalisiert, und Auswertevorrichtung und Integrator aus Digitalbauteilen gebildet, die die nunmehr digital dargestellten Meßwerte weiter verarbeiten. Die zeitliche Integration der Meßwerte geschieht dann einfach in einem elektronischen Speicher, in dem die einzelnen Meßwerte zum zeitlich integrierten Meßwert aufsummiert werden. Unabhängigkeit von äußeren Störeinflüssen und eine mit der Digitaltechnik verbundene Flexibilität und Vielseitigkeit bei der Verarbeitung der Meßsignale sind die vorteilhaften Folgen.

Weiterhin empfiehlt die Erfindung das Magnetfeldüberwachungsgerät mit einem Anzeigegerät, beispielsweise einem oder mehreren LCD-Displays, auszustatten, auf der für die Magnetfeldbelastung seines Trägers relevante Werte darstellbar sind. Hierfür kommen insbesondere der Spitzenwert der Magnetfeldstärke, also der höchste im bisherigen Meßzeitraum aufgetretene Meßwert in Frage und der über den Meßzeitraum integrierte Meßwert der Magnetfeldstärke, der dem Träger des Gerätes Auskunft über die im Laufe der Meßzeit akkumulierte Magnetfeldbelastung gibt. Darüberhinaus sind auch der zeitliche Mittelwert und der aktuelle Meßwert von Interesse, wobei eine Kenntnis des letzteren dem Benutzer dabei hilft, räumliche Bereiche hoher Feldstärke nach Möglichkeit zu vermeiden. Insgesamt erlaubt es eine solche Anzeigevorrichtung dem Benutzer eines Magnetfeldüberwachungsgerätes, seine aktuelle Magnetfeldbelastungen zu bestimmen, mit bekannten Grenzwerten zu vergleichen und durch Kenntnis seiner aktuellen Belastungen sein Verhalten im Hinblick auf eine möglichst niedrige Gesamtbelastung und einer Vermeidung hoher Spitzenwerte zu optimieren und dadurch evtl. von Magnetfeldern verursachten gesundheitlichen Risiken wirkungsvoll vorzubeugen.

Weiterhin empfiehlt die Erfindung, das erfindungsgemäße Magnetfeldüberwachungsgerät so zu gestalten, daß die von ihm bestimmten Meßwerte, insbesondere der innerhalb des Meßzeitraumes bestimmte Spitzenwert sowie der über den Meßzeitraum zeitlich integrierte bzw. über den Meßzeitraum gemittelte Meßwert des statischen Magnetfeldes an einer separaten Auslesestation aus dem Gerät auslesbar sind, so daß sie registriert werden können. Hierfür kann das erfindungsgemäße Magnetfeldüberwachungsgerät beispielsweise mit elektrischen Anschlüssen versehen werden, die die Herstellung einer elektrisch leitenden Verbindung mit der Auslesestation zur Datenübertragung erlauben. Alternativ dazu können Magnetfeldüberwachungsgerät und Auslesestation aber auch über eine Vorrichtung zum kontaktlosen Datenaustausch ausgestattet werden. Eine beispielsweise täglich zum Abschluß eines Arbeitstages erfolgende Regi-

strierung der Meßwerte ermöglicht es, die Magnetfeldbelastung eines Menschen in zuverlässiger Weise über längere Zeiträume wie Monate und Jahre zu erfassen und zu dokumentieren und auf diese Weise beispielsweise die Einhaltung von Jahresgrenzwerten der Magnetfeldbelastung zu überprüfen.

Um ein versehentliches Überschreiten vorgegebener Grenzwerte der Magnetfeldbelastung des Trägers des Magnetfeldwarngerätes zuverlässig auszuschließen, empfiehlt die Erfindung, das Gerät mit einer Warneinrichtung auszustatten, die bei Überschreitung eines vorzugsweise einstellbaren Schwellwertes für den Spitzenwert und/oder den über den Meßzeitraum zeitlich integrierten Meßwert und/oder den über den Meßzeitraum gemittelten Mittelwert des statischen Magnetfeldes seinen Träger durch Auslösung eines visuellen und/oder akustischen Alarms informiert und ihm dadurch die Möglichkeit gibt, durch ein Verlassen des Bereichs hoher Feldstärke seine Magnetfeldbelastung innerhalb es durch die Grenzwerte vorgegebenen Bereiches zu halten. Auf diese Weise läßt sich eine zuverlässigere Einhaltung der Grenzwerte erzielen und dadurch die mit dem Aufenthalt in den Magnetfeldern verbundenen gesundheitlichen Risiken weiter reduzieren.

Als mögliche Schwellwerte für den Betrag des statischen Magnetfeldes empfiehlt die Erfindung insbesondere den gegenwärtigen Grenzwert für Herzschrittmacher, der bei 0,5 mT liegt, sowie die zu erwartenden Grenzwerte für Ganz- und Teilkörperexposition von 2 bzw. 5 T.

Zusätzlich zu den statischen Magnetfeldern können auch magnetische Wechselfelder zur Magnetfeldbelastung eines Menschen beitragen. Daher wird im Hinblick auf evtl. künftige Richt- und Grenzwerte für die Leistung magnetischer Wechselfelder, denen ein Mensch ausgesetzt ist, angeregt, daß erfindungsgemäße Magnetfeldüberwachungsgerät in einer Weiterbildung der Erfindung so auszubilden, daß zusätzlich auch die Leistung magnetischer Wechselfelder erfaßt und über einen Meßzeitraum zeitlich integriert wird. In diesem Fall können dann analog zu der Anzeige der Meßwerte des statischen Magnetfeldes auch die Meßwerte der momentanen Leistung des magnetischen Wechselfeldes und/oder des im Meßzeitraum bestimmten Spitzenwertes und/oder des über den Meßzeitraum zeitlich integrierten Wertes und/oder des über den Meßzeitraum gemittelten Mittelwertes auf einer Anzeigevorrichtung dargestellt werden, um den Träger des erfindungsgemäßen Magnetfeldüberwachungsgerätes gleichzeitig oder nacheinander über beide Arten von Magnetfeldern zu informieren, denen er ausgesetzt ist.

Es ist denkbar, daß sinnvolle Belastbarkeitsgrenzen des menschlichen Organismus für Magnetfelder zweckmäßigerweise über die Leistung des gesamten aus statischen Magnetfeldern und magnetischen Wechselfeldern zusammengesetzten Magnetfeldes definiert werden, wobei auch hier wiederum der im Meßzeitraum aufgetretene Spitzenwert und der über den Meßzeitraum integrierte Meßwert der Leistung des gesamten Magnetfeldes für Grenz- und Richtwerte von Relevanz sein dürften. In diesem Fall empfiehlt die Erfindung, das Magnetfeldüberwachungsgerät so auszubilden, daß es die Gesamtleistung des Magnetfeldes erfaßt und über den Meßzeitraum zeitlich auf integriert. Vorteilhafte Anzeigewerte sind in diesem Falle der im Meßzeitraum aufgetretene Spitzenwert und der über den Meßzeitraum integrierte Wert der Leistung des gesamten Magnetfeldes. Zusätzlich können aber auch der momentane Meßwert und ein über ein Meßzeitraum gemittelter Mittelwert der Leistung des gesamten Magnetfeldes auf der Anzeigevorrichtung dargestellt werden.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung lassen sich dem nachfolgenden Beschreibungsteil ent-

nehmen, in dem anhand einer Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert ist. Sie ergibt eine schematische Übersicht über ein erfindungsgemäßes Magnetfeldüberwachungsgerät.

Das erfindungsgemäße Magnetfeldüberwachungsgerät wird von einer Person, deren Magnetfeldbelastung überwacht werden soll, am Körper, beispielsweise am Gürtel, in einer Tasche oder an der Kleidung befestigt, getragen. Es besteht zunächst einmal aus einem Magnetfeldsensor (M), der im wesentlichen aus drei wechselweise senkrecht zueinander stehenden Hall-Sonden aufgebaut ist, die mit einem konstanten Strom beaufschlagt werden und von denen jede ein Spannungssignal U_1 , U_2 , U_3 liefert, das jeweils einer der drei räumlichen Komponenten des statischen Magnetfeldes am Ort des Magnetfeldsensors (M) proportional ist. Ein zusätzlicher Temperatursensor (T) erfaßt die Temperatur des Magnetfeldsensors (M). Die vier Spannungssignale für die drei Magnetfeldkomponenten und die Temperatur werden in der Auswertevorrichtung (A) zunächst in einem Analog-Digital-Wandler (ADC) digitalisiert und dann in einem elektronischen Rechner weiter verarbeitet. Dieser bestimmt zunächst aus den drei Hall-Spannungen unter Berücksichtigung der Temperatur den aktuellen Betrag des statischen Magnetfeldes $B(t)_0$ sowie den im Meßzeitraum auftretenden Spitzenwert B_{\max} . Zusätzlich arbeitet der elektronische Rechner als Integrator (I), der den über den Meßzeitraum gemittelten Mittelwert des statischen Magnetfeldes \bar{B} durch Aufsummation der einzelnen Meßwerte bestimmt. Der jeweils aktuelle Meßwert $B(t)$, der im Meßzeitraum bestimmte Spitzenwert B_{\max} sowie der über den Meßzeitraum gemittelte Mittelwert \bar{B} des statischen Magnetfeldes werden in einer Anzeige (D) dargestellt. Darüber hinaus läßt sich das erfindungsgemäße Magnetfeldüberwachungsgerät an eine externe Auslesestation (S) anschließen, die die über den Meßzeitraum angefallenen Meßwerte ausliest und so die langfristige Überwachung der Magnetfeldexposition eines Menschen gestattet. Schließlich verfügt das erfindungsgemäße Magnetfeldüberwachungsgerät auch über eine Warnvorrichtung (W), die seinen Träger durch einen optischen und/oder akustischen Alarm darauf aufmerksam macht, wenn beispielsweise der Spitzenwert oder der über den Meßzeitraum gemittelte Mittelwert des statischen Magnetfeldes einen eingestellten Schwellwert überschreitet. Ein Träger eines Herzschrittmachers kann den Schwellwert für den Spitzenwert des statischen Magnetfeldes beispielsweise auf den für ihn geltenden Grenzwert von 0,5 mT einstellen, so daß er bei Überschreitung dieses Grenzwertes gewarnt wird und dadurch ein gesundheitliches Risiko für sich vermeiden kann.

Patentansprüche

1. Tragbares Gerät zur Messung der magnetischen Felder, denen sein Träger während eines Meßzeitraumes ausgesetzt ist, mit einem Magnetfeldsensor, **dadurch gekennzeichnet**, daß

- der Magnetfeldsensor (M) das statische Magnetfeld erfaßt und
- aus drei Hall-Sonden aufgebaut ist,
- die unter derartigen Winkeln zueinander angeordnet sind, daß jede von ihnen das Magnetfeld in einer anderen von drei linear unabhängigen Raumrichtungen erfaßt,
- eine Auswertevorrichtung (A) die Meßsignale der drei Hall-Sonden in eine den momentanen Meßwert für den Betrag des statischen Magnetfeldes repräsentierende Größe umwandelt und
- ein Integrator I diese Größe über den Meßzeit-

raum zu einem zeitlich integrierten Meßwert auf integriert.

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede der drei Hall-Sonden senkrecht zu den beiden anderen angeordnet ist. 5
3. Gerät nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch einen Temperatursensor (T), der die Temperatur des Magnetfeldsensors erfaßt.
4. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Auswertevorrichtung bestimmte Größe ein elektrischer Strom ist und der Integrator einen Kondensator enthält, der mit diesem Strom aufladbar ist. 10
5. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertevorrichtung (A) zumindest einen Analog-Digital-Wandler (ADC) enthält, die von der Auswertevorrichtung bestimmten Größen digital dargestellte Meßwerte sind und der Integrator (I) einen elektronischen Speicher enthält, in dem diese Meßwerte zum integralen Meßwert aufsummiert werden. 15 20
6. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch zumindest einen zusätzlichen Magnetfeldsensor aus drei zueinander senkrecht stehenden Hall-Sonden. 25
7. Gerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Magnetfeldsensor über elektrisch leitende Kabel mit dem Gerät verbunden und/oder mit Befestigungsmitteln versehen ist, mit dem er an einem menschlichen Arm/Bein festlegbar ist. 30
8. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch eine Anzeige (D), die den momentanen Meßwert und/oder den über den im Meßzeitraum bestimmten Spitzenwert und/oder den über Meßzeitraum zeitlich integrierten Meßwert und/oder den über den Meßzeitraum gemittelten Mittelwert des statischen Magnetfeldes anzeigt. 35
9. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwerte aus dem Gerät von einer Auslesestation (S) auslesbar sind. 40
10. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch eine Warneinrichtung (W), die bei Überschreitung eines Schwellwertes durch den im Meßzeitraum bestimmten Spitzenwert und/oder den über den Meßzeitraum zeitlich integrierten Meßwert und/oder den über den Meßzeitraum gemittelten Mittelwert einen visuellen und/oder akustischen Alarm auslöst. 45
11. Gerät nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch einen Schwellwert für den im Meßzeitraum bestimmten Spitzenwert von 0,5 mT und/oder 2 T und/oder 5 T. 50
12. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch eine zusätzliche Erfassung und Integration der Leistung magnetischer Wechselfelder.
13. Gerät nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch eine Anzeige des momentanen Meßwertes und/oder des im Meßzeitraum bestimmten Spitzenwertes und/oder des über den Meßzeitraum zeitlich integrierten Wertes und/oder des über den Meßzeitraum gemittelten Mittelwertes der Leistung der magnetischen Wechselfelder. 55 60
14. Gerät nach Anspruch 12 oder 13, gekennzeichnet durch eine Anzeige des momentanen Meßwertes und/oder des im Meßzeitraum bestimmten Spitzenwertes und/oder des über den Meßzeitraum zeitlich integrierten Wertes und/oder des über den Meßzeitraum gemittelten Mittelwertes der gesamten Leistung von stati- 65

schem Magnetfeld und magnetischen Wechselfeldern.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

